

Дальнейшее повышение качества управления и эффективности предприятий может быть достигнуто через решение задачи интеграции фрагментарных решений в названных направлениях в общий процесс реализации проектов изменений, необходимых для обеспечения организации.

Указанная научно – практическая проблема, по своему значению фундаментальная для подъема отечественной экономики через укрепление и процветание предприятий, должна решаться с учетом всей совокупности накопленного к сегодняшнему дню практического опыта и теоретических знаний, обобщающих такой опыт, и дальнейшего совершенствования теории и практики проектно-ориентированного подхода к развитию организации.

Список литературы: 1. Гальчинський А., Львовчик С. Становлення інвестиційної моделі економічного зростання України // Економіка України: – 2009. – № 6. – С. 4-11. 2. Кривошеков В.И., Морозов Ю.Д. Менеджмент: теория и практика управление качеством продукции. – Днепропетровск: Изд-во «Наука і освіта», 2008. – 366с. 3. Keneth Boulding. General System Theory. – The Skeleton of Science / Management Science, April, 1956. – P. 197 – 208. 4. D. Bell Coming of Post – Industrial Society. A. Venture in Social Forecasting. – N. Y.: Time Books, 1973. 5. P. Drucker P. The Changing World in Executive. – N. Y.: Time Books, 1982. 6. P. Drucker P. Managing in Turbulent Times. – New York: Harper æ Row, 1980. 7. Мескон М.К., Альберт М.А., Хедоури Ф. Основы менеджмента. – М.: «Дело», 1992. – 702с. 8. Мильнер Б.З. Теория организации, – М.: ИНФРА-М, 2001. – 218с. 9. Мешко Н.П., Морозов Ю.Д. Основы применения маркетингового перехода в управлении промышленными предприятиями. – Днепропетровск: изд. «Наука і освіта», 2006. – 218с. 10. Михайлова Е.А. Бенчмаркинг: М.: ООО "Благовест-В", 2002. – 176с. 11. Эффективное управление фирмой: современная теория и практика / Н.П. Бондарь, О.В. Васюхин, А.А. Голубев, В.И. Подлесных – СПб.: Изд. Дом «Бизнес-пресса», 1999. – 416 с. 12. Дж. Обэр-Крие Управление предприятием: Пер. с фр. под ред. В.М. Кузнецовой. – М.: Прогресс, 1999. – 304 с. 13. Производственный менеджмент: Учебник для вузов / С. Д. Ильенкова, А.В. Бандурин, Г.Я. Горбовцов и др.; Под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 583 с.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 621.794.61

В.В. ТИХОНЕНКО, асп., УИПА, г. Харьков

А.М. ШКИЛЬКО, канд. физ.-мат. наук, УИПА, г. Харьков,

АНАЛИЗ СПОСОБА УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

У статті узагальнено існуючу інформацію про метод мікродугового оксидування на основі відомих літературних джерел і досліджень авторів, проведено аналіз доцільності застосування цього методу зміцнення деталей і виділено перелік актуальних питань, які вимагають вирішення та стосуються метрологічного забезпечення і стандартизації.

В статье обобщена существующая информация о методе микродугового оксидирования на основе известных литературных данных и исследований авторов, проведен анализ целесообразности применения данного метода упрочнения деталей и выделен круг актуальных, требующих решения вопросов, касающихся метрологического обеспечения и стандартизации.

Введение

Наряду с известными в материаловедении методами создания материалов с заданными свойствами, одним из новых методов модифицирования поверхностных слоев является метод микродугового оксидирования (МДО), относящийся как к группе упрочняющих методов, основанных на воздействии концентрированных потоков энергии, так и к

группе электрохимических процессов окисления поверхностного слоя в сочетании с электроразрядными явлениями на границе анод – электролит [1]. Специфические условия микроплазменного процесса (высокие давление и температура в области микроплазменного разряда) позволяют получать на поверхности вентильных металлов (алюминий, титан, цирконий, магний и др.) покрытия различного назначения (электроизоляционные, износостойкие, термостойкие, коррозионностойкие, каталитически активные, декоративные, антифрикционные, покрытие как подслоя для полимерных материалов).

Сущность МДО заключается в том, что под действием высокого напряжения, прикладываемого между находящейся в электролите деталью и электродом, на поверхности детали возникают мигрирующие точечные микродуговые разряды, под термическим, плазмохимическим и гидродинамическим воздействием которых поверхностный слой детали перерабатывается в керамическое покрытие, прочносцепленное с металлической основой [2].

Началом современного этапа исследований в области микродугового оксидирования и его практического применения можно считать 70-е годы прошлого века, когда появилось большое количество публикаций и патентов исследователей различных школ [3]. Большой вклад в развитие МДО внесли Марков Г.А., Фёдоров В.А., Снежко Л.А. и Черненко В.И., Малышев В.Н., Эпельфельд А.В., Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Мамаев А.И., Мамаева В.А., Суминов И.В., Саакян Л.С. и Ефремова А.П., Гордиенко П.С., Белозеров В.В., К.Н. Dittrich, Н.Г. Schneider, G.P. Wirtz. и ряд других учёных. Метод непрерывно развивается и в настоящее время выделился в самостоятельное направление, но все же существует ряд трудностей в процессе внедрения данной технологии на предприятиях.

Целью данной работы являлся анализ эффективности технологии получения на алюминиевых сплавах многофункциональных покрытий методом МДО.

На основе известных литературных данных и наших исследований были сделаны обобщения существующей информации и анализ целесообразности применения данного метода упрочнения деталей, в результате чего выделен круг актуальных вопросов, требующих решения на следующем этапе исследований.

1. Анализ МДО как эффективной технологии упрочнения поверхностного слоя изделий

Анализ проводился в контексте следующих вопросов:

1.1. Терминология

В последние годы МДО развивается как новая интенсивная технология анодной обработки металлов, однако до сих пор нет единой терминологии в названии самого метода и микроплазменных электрических разрядов, что приводит к различной трактовке одинаковых процессов (не всегда физически правильной). В работе [4] это явление объясняется разрозненностью информации о процессах феноменологии и, иногда, отсутствием понимания. МДО известно как ANOF (Anodishen Oxidation unter Funkenentladung) в Германии, ASD (Anodic Spark Deposition) в США, Европе и Китае, микродуговое оксидирование в России, PEO (Plasma Electrolytic Oxidation) в Великобритании, плазменно-электролитное оксидирование в Украине. Поскольку при разделении процесса на стадии речь идет об электрических дугах, хотя все проходящие процессы можно отнести к плазменным [5], в дальнейшем в работе будет применяться термин «микродуговое оксидирование».

1.2. Сравнение с анодированием

В случае перехода на технологию МДО целесообразным становится сравнение с существующим эталоном производства, т. е. электрохимическим анодированием, от которого и берет свое начало МДО.

МДО имеет следующие существенные отличия от анодирования: процесс ведется при напряжениях на 1-2 порядка выше (до 1000 В); используются в основном не постоянный, а переменный и импульсный токи; применяются в основном не кислотные, а слабо-щелочные электролиты [3].

По свойствам МДО-покрытия значительно превосходят обычные анодные пленки, к примеру, по микротвердости в 2,5-4,5 раза, по износостойкости в 10-15 раз и при этом обладают высокими защитно-коррозионными свойствами.

В таблице приведены основные характеристики МДО-покрытий, получаемых на алюминиевых сплавах в силикатно-щелочном электролите

Таблица. Основные характеристики МДО-покрытий, получаемых на алюминиевых сплавах в силикатно-щелочном электролите

№ п/п	Характеристики	Описание
1.	Тип покрытия	кристаллическое и аморфное строение
2.	Состав	оксиды обрабатываемого материала, компоненты электролита
3.	Толщина	от долей до сотен (300-1000) мкм
4.	Микротвердость	до 2500 кг/мм ² (25 ГПа)
5.	Шероховатость	до 6-8 класса, регулируемая
6.	Пористость размеры пор	от 2 до 50 % (регулируемая) от 0,01 до 10 мкм.
7.	Износостойкость	в 2-5 раз больше, чем у обрабатываемого материала
8.	Модуль упругости изделия	повышается до 15%
9.	Коррозионная стойкость	1-й балл по десятибалльной шкале (высший)
10.	Адгезия	достигает 350-380 МПа
11.	Теплостойкость	нагрев без разрушений до 300-800 °С

Технология МДО успешно конкурирует не только с традиционными электрохимическими технологиями нанесения покрытий, но и другими методами напыления и материалами. К примеру, микротвердость МДО-покрытия на сплавах алюминия в 4,5 раза больше твердости для закаленной стали, износостойкость находится на уровне твердых сплавов и в 2-2,5 раза выше аналогичного показателя закаленной стали, а адгезия - в 3-4 раза выше, чем при плазменной технологии.

1.3. Преимущества

Стоит подробнее остановиться на преимуществах технологии МДО:

- малая концентрация, экологичность и неагрессивность электролитов;
- отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки поверхности детали (травления, обезжиривания, осветления, промывок горячей и холодной водой и т.д.) в начале технологической цепочки;
- возможность обработки сложнопрофильных деталей (нанесение покрытия на внешнюю и внутреннюю поверхности деталей любой конфигурации);
- высокая рассеивающая способность электролита (покрытие наносится в отверстия и полости с минимальными затруднениями);
- получение разных по свойствам покрытий на одном материале;
- возможность получения покрытий большой толщины без глубокого охлаждения электролита (и применения сложного холодильного оборудования);
- устойчивый, легко воспроизводимый процесс;

- стабильность характеристик покрытий;
- простое, компактное и легко управляемое оборудование;
- возможность автоматизации технологического процесса.

Повышение производительности МДО алюминиевых сплавов ограничено высокой энергоемкостью процесса, а значительное потребление ведет соответственно к высокой себестоимости. Однако, использование новейших источников питания, разработанных в последнее время, сделало метод экономически эффективным [6].

1.4. Экологичность

Электролит - одна из важнейших составляющих МДО, его природа, состав являются определяющими при формировании покрытий требуемого качества. Внедрение технологии МДО взамен существующих позволит повысить экологическую защищенность производственных объектов, уменьшить объем вредных выбросов, поскольку используемый электролит для МДО, как правило, слабощелочной (рН 10-12) и на 95% состоит из дистиллированной воды, что упрощает решение проблемы утилизации, в отличие от аналогов по созданию оксидных покрытий на металлах, предусматривающих применение дорогостоящих электролитов на основе сильнодействующих кислот и щелочей.

Детали, изготовленные по данной технологии, являются экологически чистыми, не оказывают вредного воздействия на окружающую среду и человека и отвечают требованиям ГОСТ 12.2.003-74. Что касается самого процесса МДО, необходимо исследование условий безопасности процесса микродугового оксидирования алюминиевых сплавов с учетом требований охраны труда и выработка мероприятий по утилизации и дальнейшему использованию отходов МДО.

1.5. Техничко-экономические преимущества

С учетом рассмотренных преимуществ технологии МДО можно высказать следующие предположения. При переходе к этой технологии повысится производительность труда и, соответственно, расширится ассортимент предлагаемой высококачественной продукции при постепенном снижении себестоимости обработки по сравнению с электрохимическим анодированием. Это станет возможным при достаточности заказов, увеличении доли данного типа производства на предприятиях и постепенном переводе на МДО-технологию. Приоритет в данном случае отдается предприятиям с гибкой структурой, позволяющей совместить узкоспециализированные и универсальные методы. В дальнейшем необходим детальный анализ экономического эффекта от внедрения МДО.

2. Проблемы внедрения технологии

Внедрение технологии МДО до сих пор сдерживалось малой известностью метода, отсутствием информации о конкретных технологических параметрах, ответственных за упрочнение (стойкость к износу), а также технологического оборудования и оснастки и отсутствием промышленных линий процесса МДО. В настоящее время эта ситуация меняется. Увеличилось количество организаций, начинающих заниматься исследованиями процесса МДО.

На сегодняшний день для полной реализации внедрения МДО на машиностроительных предприятиях актуальны вопросы метрологии и стандартизации, и, на наш взгляд, требуется решение следующих вопросов:

- пересмотр известных стандартов по защитным покрытиям по терминологии, методам контроля и внесение дополнений с учетом МДО;
- разработка технических требований к технологическому оборудованию и оснастке для получения износостойких покрытий на деталях;
- разработка технологических процессов для получения МДО-покрытий с заданными свойствами, что осложняется многофакторностью процесса МДО;

- разработка нормативно-технической документации по безопасности труда и необходимых мероприятий, направленных на защиту работников, обслуживающих установку МДО, а также требования к обслуживающему персоналу технологического процесса;
- разработка новых методик контроля для контроля многофункциональных МДО-покрытий.

Предложено для объективной оценки процесса нанесения и качества МДО-покрытий дополнительно применять методы контактной разности потенциалов [7] и экзоэмиссионной диагностики [8]. Ведутся работы по решению вопросов метрологического обеспечения предложенных методов и средств контроля. В связи с этим проводятся дополнительные исследования свойств МДО-покрытий, в которых доминантными характеристиками для исследования нами были приняты такие известные и исследуемые характеристики, как толщина, микротвердость, шероховатость и износостойкость, в сочетании дополнительно с эмиссионными характеристиками и контактной разностью потенциалов. При этом установление существования связи между механическими, геометрическими, физическими и эмиссионными свойствами и составляет объективную оценку качества поверхностного слоя.

Выводы

1. МДО - гибкая, недорогая и экологически чистая технология электроплазмохимического преобразования поверхностного слоя вентильных металлов и их сплавов в оксидную керамику с уникальным комплексом свойств.
2. Предлагаемая технология позволяет использовать экологически более безопасные изделия при условии существенного сокращения энергетических, трудовых и временных затрат при проведении работ, при этом упрощается технология изготовления изделий, повышается производительность, появляется возможность улучшения одновременно нескольких характеристик.
3. Для успешного и эффективного внедрения и развития технологии МДО необходимо решение вопросов метрологического обеспечения и стандартизации.

Список литературы: 1. *Баковец В.В.* Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов / Баковец В.В., Поляков О.В., Долговесова И.П. – Новосибирск: Наука, 1991. – 168 с. 2. *Коломейченко А.В.* Микродуговое оксидирование как способ восстановления и упрочнения деталей машин / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачёв, Н.С. Чернышов // Инженерия поверхности и реновация изделий: матер. 2-й Междунар. науч.-техн. конф. – Киев : АТМ Украины, 2002. – С. 73-76. 3. Микродуговое оксидирование (обзор) / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин [и др.] // Приборы. – 2001. – № 9. – С. 13-23. 4. Электролитно-плазменная обработка и нанесение покрытий на металлы и сплавы / А.Д. Погребняк, Ю.Н. Тюрин, А.Г. Бойко [и др.] // Успехи физики металлов. – 2005. – Т. 6. – С. 273-344. 5. *Войцень В.С.* Воздействие низкотемпературной плазмы и электромагнитного излучения на материалы / В.С. Войцень, С.К. Гужова, В.И. Титов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с. 6. *Мамаев А.И.* Высоковольтная импульсная техника, технологии и контроль синтеза наноструктурированных неорганических покрытий на детали сложной формы / А.И. Мамаев, В.А. Мамаева // Становление и развитие научных исследований в высшей школе: междунар. науч. конф., 14-16 сент. 2009. – Томск, 2009. – С. 252-258. 7. Шкилько А.М. Неразрушающие методы контроля металлов и узлов энергетического оборудования / Шкилько А.М. – К.: ИСИО, 1994. – 170 с. 8. Шкилько А.М. Экзоэмиссионная диагностика поверхности конструкционных материалов: монография / Шкилько А.М. – Харьков: «Ноулидж», 2009. – 240 с.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 621.001+621.757

Р.М. ТРИЩ, докт. техн. наук, проф., УИПА, г. Харьков